

Aus der Poliklinik für Prothetik
Direktor: Prof. Dr. K. Fuhr
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

Untersuchungen über haftverbessernde Methoden für Alginat-Abformmassen unter Verwendung von Original-Abformlöffeln

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Friedrich-Wilhelm Helmut Hohndorf
aus Gera

Mainz 1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Poliklinik für Prothetik

Direktor: Prof. Dr. K. Fuhr

der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER HAFTVERBESSERENDE METHODEN
FÜR ALGINAT-ABFORMMASSEN UNTER VERWENDUNG VON
ORIGINAL-ABFORMLÖFFELN

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

Friedrich-Wilhelm Helmut Hohndorf
aus Gera

Mainz 1975

Fachbereichsdekan: Professor Dr. K. Fuhr

Referent: Professor Dr. K. Fuhr

Korreferent: Professor Dr. H. Marx



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung	1
II. Eigenschaften der Alginat	3
III. Vorüberlegungen	6
IV. Versuchsanordnung und Durchführung	14
V. Versuche	19
VI. Statistische Auswertung	27
VII. Theoretische Auswertung	33
VIII. Kritische Betrachtung	36
IX. Zusammenfassung	39
X. Schrifttum	40

I. EINLEITUNG

Alginat ist eines der gebräuchlichsten Abformmaterialien der zahnärztlichen Praxis. Das liegt vor allem an der relativ angenehmen und wirtschaftlichen Verarbeitungsweise, nicht zuletzt aber auch an den verhältnismäßig guten Materialeigenschaften. Bei eingehenderer Beschäftigung mit diesem Werkstoff stellt man fest, daß sich durch geeignete Verfahren und besonders exakte Verarbeitung noch einiges an Genauigkeit bei der Abformung mit diesem Werkstoff erreichen läßt. DOLDER (1) erwähnte schon, daß Alginat die guten Eigenschaften von DENTOCOLL und Gips in sich vereinigt. Ebenso bestätigte SCHWINDLING (11), daß die Alginate bei sorgfältiger Verarbeitung an die Genauigkeit von Abdruckgips herankommen. Das kommt vor allem, wenn man einmal von den Vorteilen für die Technik absieht, dem Gebiete der Gnathologie, aber auch allen anderen Gebieten der Zahnheilkunde, in denen es auf eine möglichst genaue Modellauswertung ankommt, zugute. Ein exaktes Modell setzt natürlich nicht nur eine scharfe Wiedergabe der Konturen der Zähne voraus, sondern auch eine Abformmethode, bei der sich keine Lageveränderungen durch ungenügenden Halt des Abformmaterials im Abformlöffel ergeben.

Ogleich sich in letzter Zeit die Angebote von sogenannten Einmallöffeln aus Kunststoff häufen, wird man auch in absehbarer Zeit nicht auf den Metallabformlöffel verzichten können, da dieser die auch von FRANZ (3) und PLISCHKA (7) beschriebenen Forderungen nach einem "absolut starren, stabilen und verwindungsfreien Löffel" am ehesten erfüllt.

Ziel der Arbeit ist es, das Verhalten ausgewählter üblicher Methoden zur Haftverbesserung von Alginat am Original-Abformlöffel im Vergleich zu einer neueren Methode mit FLEXAPONAL-Wachsstreifen zu untersuchen.

II. Eigenschaften der Alginat

Alginat sind Salze der Alginsäure, einem α - Mannuron-säurepolymerisat (FISCHER u. DÖRFEL (2)), das in Europa hauptsächlich aus der Alge *Laminaria digitata* durch Behandeln mit 1 % Sodalösung als leichtlösliches Na - Salz gewonnen wird (TSENG (16)). Die Alginat-Abformmassen enthalten in der Praxis außer der eigentlichen Alginatmasse noch Stoffe, die die jahresmäßig bedingten Unterschiede des natürlichen Rohstoffes ausgleichen, Stoffe, die den Abbindeprozeß verlangsamen und Stoffe, die die Masse nach der Abformung stabilisieren sollen (s. unten). Alginat wird auch bei der Lebensmittelherstellung als Füll- und Festigungsmittel verwendet. Unter den im Handel befindlichen Alginat- Abformmassen gibt es aber auch solche, die nach Beobachtung von SÖREMARK, WIKTORSON, FORBERG und EKENBECK (13) bis zu 20 Gew.% Blei enthalten, was bei Personen, die ständig mit dem Anrühren der Abformmassen beschäftigt sind, eventuell ein toxisches Risiko bedeuten könnte. Grund für diese Bleisalz-Beimischung ist das Bemühen, das Alginatgel widerstandsfähiger zu machen. Das in vorliegenden Versuchen verwendete ZELGAN hat nach Messungen obengenannter Autoren einen Bleigehalt von $> 0,1$ Gew% und gehört damit zu den bleisalzfreien oder leichten Alginaten. Über den Bleigehalt von ZELEX, das nach Auskunft der Herstellerfirma zu den schweren Alginat-Abformmassen gerechnet wird, waren in der Literatur keine Angaben zu finden.

Eine höhere Haftfähigkeit läßt sich auf verschiedene Arten erreichen.

Bisher wurden hauptsächlich von DOLDER (1), TOKMAN (15), IMMEL (6) und SCHÜLER (8) über Haftfähigkeitsversuche mit unterschiedlichen Methoden berichtet. Die Versuche wurden mit in kleinen Maßstab übersetzten Prüfplatten vorgenommen. Alle eben genannten Autoren machten Versuche mit einigen verschiedenen Haftverbesserungen und stellten sie der unpräparierten Methode gegenüber. In der Hauptsache handelte es sich hierbei um Versuche mit unpräparierten Oberflächen, perforierten Oberflächen (teilweise unterschiedliche Perforationen), Klebestreifen (Heftpflaster, TESAKREPP) und verschiedenen Haftsprays und Haftlacken.

Es ist nicht der Sinn dieser Arbeit, diese Versuche alle noch einmal nachzuvollziehen, obgleich eine neue Versuchsausrüstung konstruiert wurde. Es kommt hier vielmehr darauf an, aus diesen eben erwähnten 4 Gruppen für die Haftverbesserung je die geeignetste auszusuchen und sie den anderen Gruppen und einer neuen Methode (FLEXAPONAL) gegenüberzustellen, wobei gleichzeitig auch die genauen Werte im Verhalten der Haftmethoden im Original-Abformlöffel gefunden werden sollten.

Weiterhin soll diese Arbeit nicht dazu verleiten, die Indikation für die Abformung mit Alginat auszuweiten, sondern sie soll vielmehr innerhalb der bestehenden Indikationen zu besseren Ergebnissen verhelfen.

Um die unterschiedlichen Auffassungen für die Verwendung von Alginat zu verdeutlichen, sei auf den Beitrag von SCHWINDLING (10) verwiesen, in dem eher die "Spezialisierung in einigen

wenigen Verfahren" befürwortet wird und die Arbeit von HENKEL (4), in der "das betonte Vorherrschen eines Werkstoffes" verworfen wird.

III. Vorüberlegungen

Für die folgenden Versuche sollte eine Versuchsanordnung gefunden werden, bei der es möglich ist, die Versuche direkt in einem handelsüblichen Original-Abformlöffel durchzuführen. Eine derartige Apparatur war notwendig, um universell alle bisher üblichen Haftverbesserungsmethoden für eine Gegenüberstellung mit einer weiteren Methode (FLEXAPONAL) unter gleichen Bedingungen testen zu können. Dies ist mit den bisher praktizierten Versuchsmethoden von TOKMAN (15), IMMEL (6), SCHÜLER (8) und DOLDER (1) nicht möglich, was bei der Auswertung der Versuche noch gezeigt werden wird. Um diesen Original-Löffel in einer Apparatur sicher zu befestigen, mußten zwangsläufig leichte Veränderungen vorgenommen werden, die aber auf keinen Fall die für die Versuche wesentlichen Flächen im positiven oder im negativen Sinn beeinträchtigen durften.

Bei den Versuchen obengenannter Autoren handelt es sich nicht um Versuche an Original-Abformlöffeln, sondern an theoretischen Prüfkörpern. Weiterhin unterscheiden sich die Versuche von SCHÜLER (8) dadurch, daß er den Prüfkörper aus dem Alginat zieht und nicht das Alginat aus dem Prüfkörper. Bei dieser Methode spielt es eine nicht unwesentliche Rolle, ob das perforierte Löffelblech beidseitig von Alginat umfaßt wird und die Alginatretentionen somit eine Brücke bilden, oder ob sie frei enden, wie es sich in der Praxis verhält. Gegenüber den anderen Autoren berücksichtigt zwar SCHÜLER (8), daß ein Abformlöffel verschiedene

Ebenen hat, führt aber seine Versuche nur in 2 Ebenen durch. Nach seinen Berechnungen besteht ein EHRICKE OK-Abformlöffel Gr. 2 zu 34 % aus dem Boden und zu 66 % aus seitlichen Flächen und dem gewölbten Gaumendach unter einem Winkel von $\searrow 90^{\circ}$ bis 0° .

Ein weiterer Gedanke gehörte der Retentionsmöglichkeit des Alginates an einem Prüfelement, mit dem das Alginat in einem Stück aus dem Löffel herausgelöst werden sollte.



Abb. 1. Abformlöffel mit Quersteg

Ungleichmäßigkeiten, die durch Messung bei beginnendem Abriß auftreten könnten, wurden schon von SCHÜLER (8) beanstandet. Aufgrund der Konstruktion der hier vorliegenden Meßapparatur konnte grundsätzlich nur zum gleichen Zeitpunkt bei völliger Loslösung gemessen werden.

Aufgrund dieser Überlegungen wurde als einzige Änderung an der Außenfläche des Abformlöffels ein Quersteg verlötet (Abb. 1). Um eine ruhige und feste Lagerung des Löffels in der Versuchsanordnung zu erhalten, sollte der Quersteg durch den Mittelpunkt der Löffelbasis verlaufen. Dieser Steg konnte mit seinem freien Mittelteil in einen hierfür konstruierten Spalt an der Versuchsbasis geschoben werden. Zusätzlich wurde der Griff des Abformlöffels verriegelt. Durch diese beiden Elemente hatte der Löffel einen sicheren Halt ohne Beeinträchtigung seiner Funktion.



Abb. 2 . Retentionselement für Alginat

Für die Retentionsmöglichkeit des Alginates wurde ein Element konstruiert, dessen Querschnitt einer T-Form

entspricht, bei der der horizontale Querstrich die Okklusionsebene darstellt (Abb. 2). An dem senkrechten T-Balken konnten die Bügel befestigt werden, die zu einer Öse über dem Schwerpunkt dieses Elementes verflochten wurden. An dieser Öse konnte das Seil befestigt werden.

Bei Vorversuchen zeigte sich, daß das manuell bedingte unterschiedliche Anmischen der Alginatmasse sich als Fehlerquelle erweisen kann. Auf die Bedeutung reproduzierbarer Anrührbedingungen und Vorteile des



Abb. 3 . "HR - rotor"

mechanischen Anrührens haben bereits SKINNER und POMES (12) hingewiesen. Aus diesem Grund würde ein Anmischgerät (Abb. 3) eingesetzt, das gleichzeitig für eine konstante Anmischzeit, Anmischkraft und Anmischgeschwindigkeit sorgt.

Weiterhin mußte aufgrund der Erkenntnisse aus den Vorversuchen ein sogenannter Druckminderer (Abb. 4),

der einen einstellbaren Wasserdruck selbsttätig nachregulieren konnte, im Wasserzulauf installiert werden, da die häufigen Wasserdruckschwankungen die Ergebnisse stark beeinflussen. Dieser Druckminderer wurde so eingestellt, daß einmal ein für die Versuche günstiger Zeitablauf und außerdem ein unter allen Verhältnissen gleichbleibender Druck gewährleistet sein konnte. SCHÜLER (8) arbeitete bei seinen Versuchen mit einem regelbaren Ventil. Aus der eben erwähnten Abhängigkeit vom Wassernetz und wesentlich größeren Belastungsmassen, war dies für die vorliegende Arbeit nicht möglich.

Außerdem ergibt sich bei einer Umrechnung des Belastungszuwachses + Vorlast entsprechend den Werten von SCHÜLER (8) für die hier vorliegende Größenordnung bis zu 15 kp eine Belastungszeit von 9 min 50 sec, das nicht mehr einem Entfernen eines Abformlöffels vom Kiefer gleichkommt. Durch die Vorlast von 1,485 kp, die durch das Gewicht des Wassergefäßes vorgegeben war, kommt man auch eher an die von SCHWINDLING (10) gestellte Forderung des ruckartigen Entfernens des Abformlöffels heran.

Die bei den Vorversuchen zunächst praktizierten Methoden einiger manueller Eingriffe wie z.B. das manuelle Stoppen des Wasserzulaufs brachten unbefriedigende Ergebnisse. Derartige Fehlerquellen gab es bei den Arbeiten von TOKMAN (15) durch Ablesen der Kraft an der Federwaage im Moment des Losreißen.

DOLDER (1) legte manuell Gewichte auf. IMMEL (6) goß von Hand Wasser in das Belastungsgefäß.

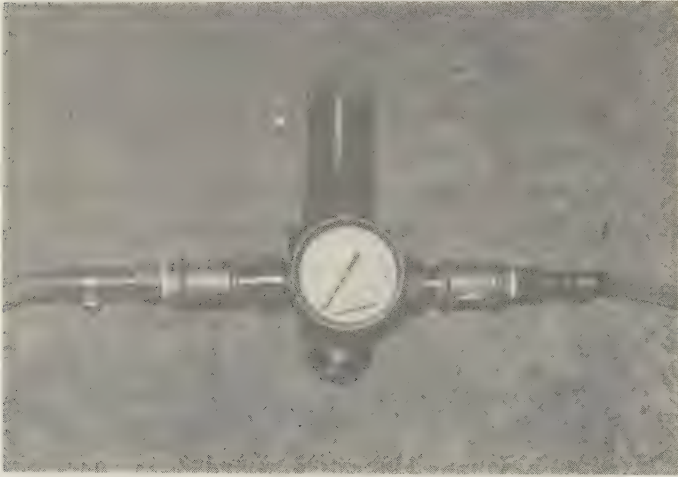


Abb. 4 . Wasserdruckminderer

Deshalb mußte eine möglichst selbsttätige Versuchsanordnung gefunden werden. Dieses Problem wurde durch die elektronische Kopplung des Wasserzulaufes mit den Vorgängen am Abformlöffel gelöst, wie es im folgenden Kapitel beschrieben wird.

Als weitere Beobachtung bei den Vorversuchen ist anzuführen, daß sich bei Alginat nach 1 1/2 - bis 2-jähriger Lagerung eine Alterung vollzieht, die aber - laut Hersteller - nicht auf einer Entmischung des Pulvers beruhen soll. Da sich dieses Alginat zumindest in den Hafteigenschaften erheblich von frischem unterscheidet, wurden die Versuche nur mit frischem Alginat aus derselben Lieferung durchgeführt.

Diese Veränderung während der Lagerzeit widerspricht teilweise der von DOLDER (1) aufgestellten Forderung auf eine unbegrenzte Lagerfähigkeit von Abformmaterialien.

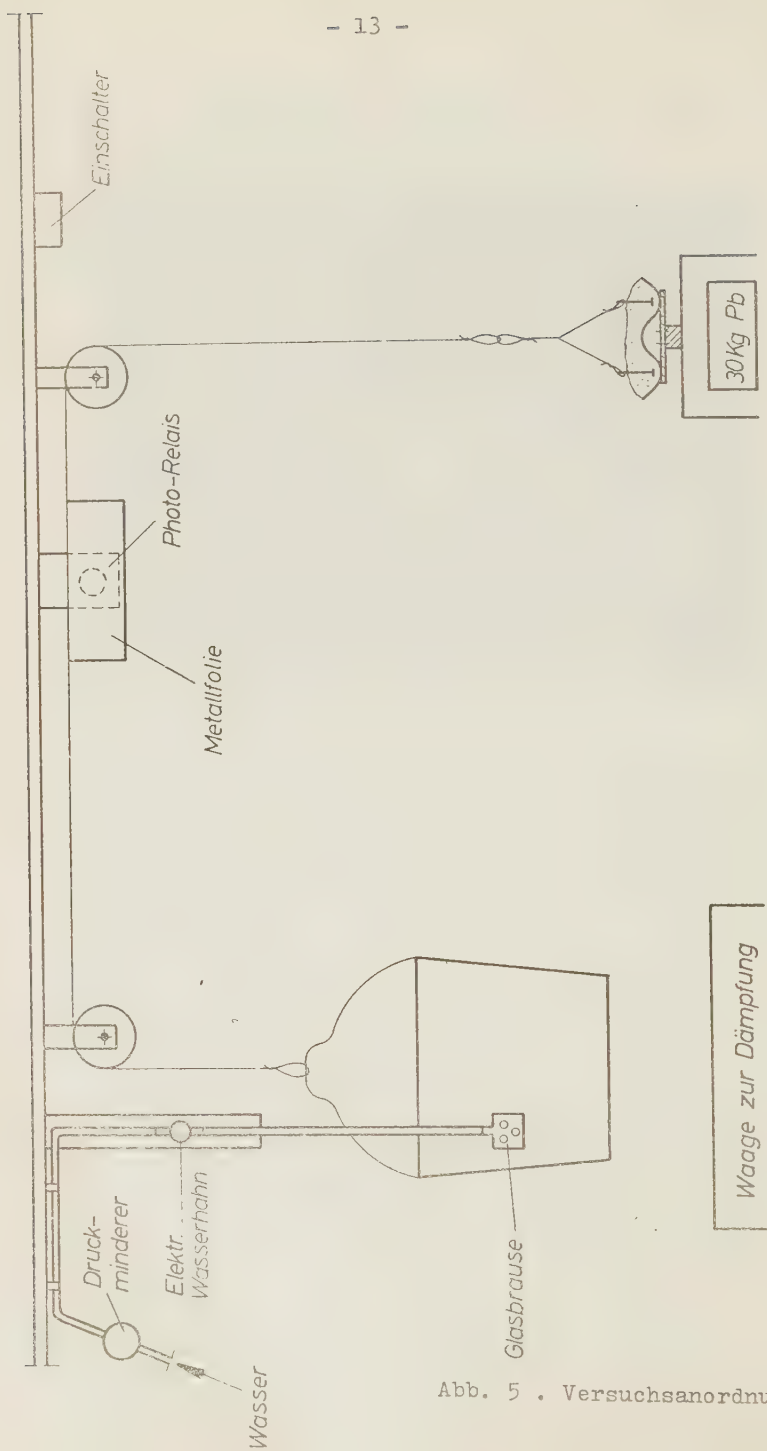


Abb. 5 . Versuchsanordnung

IV. Versuchsanordnung und Durchführung

Um die Haftkräfte bei den verschiedenen Methoden zu messen, wurde der jeweils entsprechend vorbereitete Abformlöffel mit Alginat beschickt, das mit dem H R - rotor 60 sec lang gleichmäßig angemischt wurde. In diesen präparierten, mit Alginat gefüllten Löffel, wurde nun das Retentionselement eingebracht, das durch 3 Stops jedesmal den gleichen Abstand von 5,5 mm zum Löffelboden erhielt. Nachdem die Löffelränder vom Alginatüberschuß befreit waren, wurde der Abformlöffel mit dem Retentionselement durch den Haltehaken und Riegel auf der Versuchsbasis (Abb. 7) befestigt, die durch 30 kg Blei auf dem Boden beschwert war, um ein Abheben durch die vorherzusehenden relativ hohen Kräfte zu verhindern.

Jetzt wurde die Abbindezeit einschließlich Toleranzzeit mit einer Stoppuhr gemessen. Bei Ertönen eines akustischen Signals wurde die Öse des Retentionselementes in einen Karabinerhaken eingehängt, der durch ein Seil über 2 Rollen mit dem Wassergefäß (Eigengew. 1,485 kp) verbunden war.

Nach Betätigung eines elektrischen Schalters (Einschalter) wurde der Wasserzufluß in dieses Gefäß über ein elektrisches Ventil (elektr. Wasserhahn) freigegeben. Dieses Ventil war verbunden mit einem elektronischen Photo-Relais-System (Abb. 6), das durch die Bewegung des Seils geschaltet wurde.

Zu diesem Zweck war an dem Seil eine Folie befestigt, durch die der Lichtstrahl des Photo-Relais-Systems, das zu beiden Seiten des Seiles installiert war, unterbrochen wurde.

In dem Moment, in dem das Gefäß durch das stetig zufließende Wasser ein solches Gewicht bekam, daß die Haftkräfte dieser über das Seil übertragenen Kraft nicht mehr standhalten konnten, löste sich das Alginat aus dem Abformlöffel. Durch die am Seil mitbewegte Folie

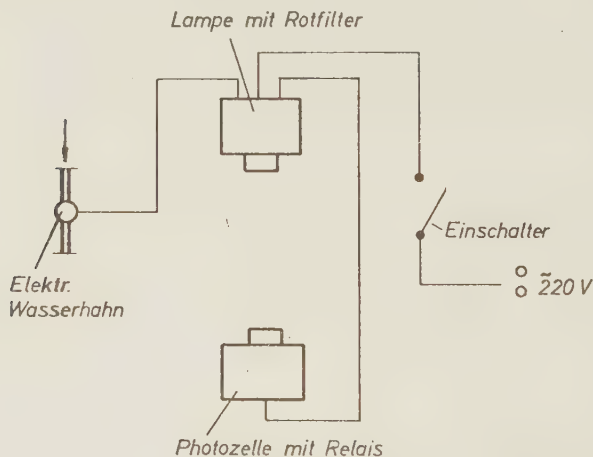


Abb. 6 . Schaltbild der elektr. Installation (schemat.)

wurde der Lichtstrahl des elektronischen Photo-Relais-Systems freigegeben. Dadurch schaltete sich der Wasserzufluß automatisch ab.



Abb. 7 . Versuchsbasis

Der Aufschlag des Gefäßes wurde durch die Federung einer einfachen Waage (Waage zur Dämpfung) und durch Schaumgummi abgefangen, so daß dadurch kein Wasserverlust eintreten konnte. Außerdem wurde der Wasserzufluß durch den Druckminderer gegen die Wasserdruckschwankungen konstant gehalten. Weiterhin war der Wasserzufluß mit einem Endstück (Glasbrause) versehen, das senkrecht keine Öffnungen enthielt. Somit die Wasserstrahlen zuerst gegen die senkrechten Gefäßwände gerichtet. Damit wurde einer ungleichmäßigen Belastung durch den auf den Boden des Gefäßes scharf auftreffenden Strahl infolge des hohen Wasserdrucks entgegengewirkt. Das nun mit Wasser gefüllte Gefäß wurde aus der Versuchsanordnung (Abb. 8) ausgehängt und auf einer Balkenwaage gewogen. Die Werte konnten bis auf 2 Stellen hinter dem Komma direkt abgelesen und eine dritte Stelle geschätzt werden. Anschließend wurde die Waage für den nächsten Versuch mit dem leeren Wassergefäß neu tariert.

Nach sorgfältiger Reinigung, Entfettung und Trocknung des Abformlöffels, des Retentionselementes und des HR - rotors mit Chloroform wurde der nächste Versuch durchgeführt.

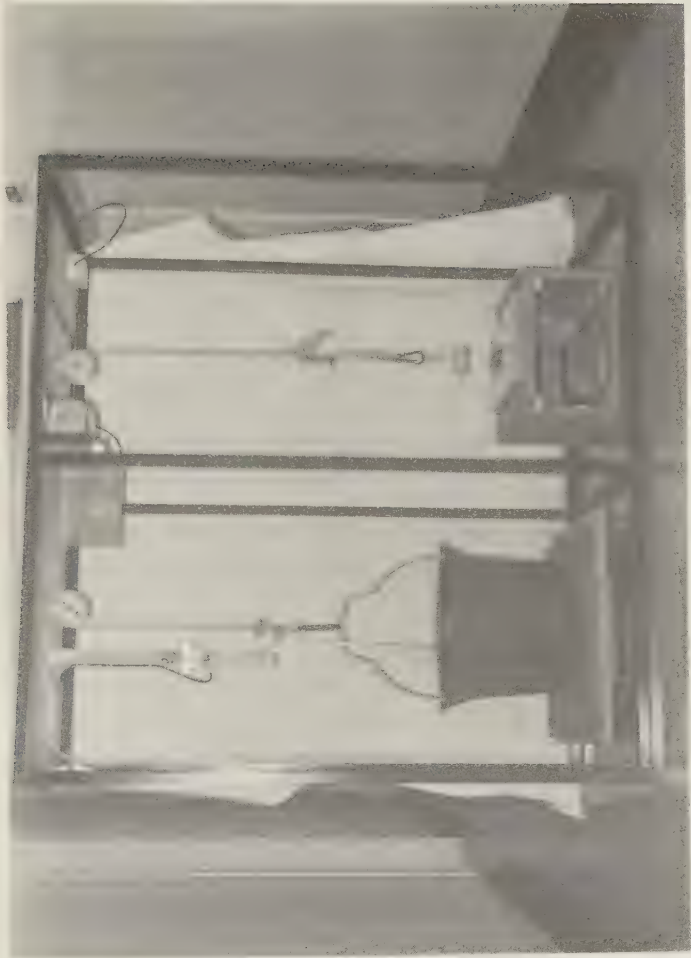


Abb. 8 . Versuchsaufbau

V. Versuche

Die Untersuchungen wurden an einem Schweralginat ZELEX und einem Leichtalginat ZELGAN durchgeführt. Es wurden in Vorversuchen und an Hand der Ergebnisse früherer Arbeiten 5 verschiedene Methoden ausgewählt.

1. Versuche mit handelsüblichen unpräparierten Löffeln als Basisversuche
2. Versuche mit ebenfalls handelsüblichen perforierten Löffeln
3. Versuche mit einer weiteren gebräuchlichen Methode: Heftpflaster (POROFIX)
4. Versuche mit einem Haftspray (HOLD), als zur Zeit bewährteste Methode (IMMEL (6), SCHÜLER (8))
5. Versuche mit einer neuen Methode: FLEXAPONAL

Mit jeder dieser Methoden wurden 10 Versuche sowohl mit ZELEX als auch mit ZELGAN durchgeführt. Die Versuchsbedingungen wurden soweit wie möglich konstant gehalten. Die Anmischzeit betrug 60 sec. bei einer Wassertemperatur von 19 - 20°C. Die Abbindezeit wurde mit 5 min. (gemessen vom Zeitpunkt der Löffelbefestigung bis zum Einschalten des Wasserzulaufs) festgelegt, um einen genügend großen Toleranzzeitraum zu haben. Als Vorlast ergaben sich 1,485 kp - das Gewicht des Wassergefäßes.

Als Belastungszuwachs wurde ein Durchschnitt bei sehr geringer Abweichung von 148 p/sec ermittelt unter einem nahezu konstanten Wasserdruck von 1 Atü. Der Abstand der Alginatverankerung und dem Löffelboden wurde mit 5,5 mm festgelegt, um eine entsprechende Materialstärke zu erhalten (DOLDER (1)).

Die Präparationen der Abformlöffel zu Punkt 3 - 5 wurden folgendermaßen durchgeführt:

- ad 3: Hierbei wurde nach der Empfehlung von STOCKFISCH (14) vorgegangen, bei der nur die Löffelränder mit Heftpflaster umklebt werden.
- ad 4: HOLD - Haftspray wurde nach Herstelleranweisung aufgesprüht.
- ad 5: Entsprechend Punkt 3 wurden hierfür die Löffelränder mit schmalen FLEXAPONAL-Wachstreifen umklebt.

Hierbei unterscheidet sich die Verwendung von Wachs von der Methode von DOLDER (1). DOLDER nutzte die Klebewirkung des Wachses entsprechend den Klebemitteln, indem er einen Klebewachsüberzug der ganzen inneren Löffelfläche herstellte, im Unterschied zu den vorliegenden Versuchen, bei denen Wachs als Randbeschichtung zur mechanischen Retentionsverbesserung und zur Abdichtung für eine bessere Saugwirkung Verwendung findet.

Die Versuche liefen alle vom Einschalten des elektrischen Wasserhahnes an in der gleichen Weise, wie im Kapitel "Versuchsdurchführung" beschrieben, selbsttätig konstant

ab. Die ermittelten Werte wurden anschließend tabellarisch zur Auswertung zusammengefaßt.

Erläuterungen zu den nachfolgenden Tabellen:

Die Tabellen 1 - 5 zeigen die Werte der Abzugskräfte bei den einzelnen Haftverbesserungsmethoden.

$\sum x$	=	Summe der ermittelten Meßwerte x
n	=	Anzahl der ermittelten Werte
$\bar{x}$	=	Mittelwert
s	=	Standardabweichung
$s_{\bar{x}}$	=	Standardabweichung des Mittelwertes

Werte wurden in kp ermittelt.

<u>Alginat:</u>	
ZELLEX	10.330
	10.576
<u>Haftmethode:</u>	10.309
unpräpariert	10.918
	10.649
	10.554
	10.208
	11.266
	10.872
	10.922
$\sum x$	106.6040
n	10.0000
$\bar{x}$	10.6604
s	0.3336
s_x^2	0.1054
<u>Alginat:</u>	
ZELGAN	7.529
	8.263
<u>Haftmethode:</u>	7.519
unpräpariert	7.603
	7.542
	7.768
	8.036
	8.179
	8.078
	8.199
$\sum x$	78.7160
n	10.0000
$\bar{x}$	7.8716
s	0.3085
s_x^2	0.0975

Tabelle 1 a.

Tabelle 1 b.

<u>Alginat:</u> ZEL/EX <u>Haftmethode:</u> perforiert	9. 028 9. 161 8. 972 9. 146 9. 388 9. 042 9. 385 9. 937 9. 471 8. 779
<u>Alginat:</u> ZELGAN <u>Haftmethode:</u> perforiert	7. 458 7. 254 6. 994 7. 231 7. 272 6. 771 6. 745 7. 030 6. 672 7. 180
Σx n $\bar{x}$ s $s_{\bar{x}}$	92. 3090 10. 0000 9. 2309 0. 3272 0. 1034
Σx n $\bar{x}$ s $s_{\bar{x}}$	70. 6070 10. 0000 7. 0607 0. 2630 0. 0831

Tabelle 2 a.

Tabelle 2 b.

<u>Alginat:</u>		<u>Alginat:</u>	
ZELLEX	5. 271	ZELGAN	5. 047
	5. 296		4. 689
<u>Haftmethode:</u>	5. 049	<u>Haftmethode:</u>	4. 549
POROFIX	4. 780	POROFIX	4. 688
	4. 812		5. 014
	5. 329		5. 111
	5. 432		4. 772
	5. 378		5. 121
	5. 351		4. 741
	4. 806		4. 883
$\sum x$	51. 5040	$\sum x$	48. 6150
n	10. 0000	n	10. 0000
$\bar{x}$	5. 1504	$\bar{x}$	4. 8615
s	0. 2622	s	0. 2019
s_x^2	0. 0829	s_x^2	0. 0638

Tabelle 3 a.

Tabelle 3 b.

<u>Alginat:</u> ZELGX <u>Haftmethode:</u> HOLD	13. 512 13. 501 14. 509 14. 883 14. 742 14. 638 14. 069 15. 599 15. 478 14. 470
<u>Alginat:</u> ZELGAN <u>Haftmethode:</u> HOLD	15. 299 14. 349 14. 250 15. 029 15. 513 14. 314 14. 548 14. 936 14. 949 15. 281
$\sum x$ n $\bar{x}$ s s_x^2	145. 4010 10. 0000 14. 5401 0. 7096 0. 2244
$\sum x$ n $\bar{x}$ s s_x^2	148. 4680 10. 0000 14. 8468 0. 4551 0. 1439

Tabelle 4 a.

Tabelle 4 b.

<u>Alginat:</u>	
ZELGX	14.241
	13.151
<u>Haftmethode:</u>	14.363
FLEXAPONAL	13.801
	13.822
	14.416
	13.519
	13.241
	14.087
	14.541
$\sum x$	139.1820
n	10.0000
$\bar{x}$	13.9182
s	0.4938
$s^2_{\bar{x}}$	0.1561
<u>Alginat:</u>	
ZELGAN	13.851
	15.002
<u>Haftmethode:</u>	14.989
FLEXAPONAL	14.141
	14.819
	14.581
	15.029
	13.658
	14.681
	14.987
$\sum x$	145.7380
n	10.0000
$\bar{x}$	14.5738
s	0.5112
$s^2_{\bar{x}}$	0.1616

Tabelle 5 a.

Tabelle 5 b.

VI. Statistische Auswertung

Wenn man sich die Untersuchungen vor Augen hält, fallen zunächst bei beiden Materialien (ZELEX und ZELGAN) die gleichen Gruppierungen auf, die für eine nähere Betrachtung interessant sind. Es handelt sich um die Gruppen:

1. unpräpariert - perforiert
2. HOLD - FLEXAPONAL

Das in der Praxis noch häufig verwandte Heftpflaster (POROFIX) wurde nur zur Abrundung mit in die Versuchsreihen aufgenommen. Zu einem direkten Vergleich eignet es sich jedoch nicht, da es aus anwendungstechnischen Gründen veraltet ist und schon in den Vorversuchen keinem Vergleich mit anderen Methoden standhielt.

Weiterhin hat ein Vergleich der beiden verwendeten Alginat ZELEX und ZELGAN wenig Sinn, da die Anwendungsmöglichkeiten dieser Materialien unterschiedlich sind. Somit erscheint es sinnvoller, sich auf die oben erwähnten Gruppierungen zu beschränken.

Da bei der Streuung der einzelnen Ergebnisse einer Versuchsreihe der rein rechnerische Mittelwert keine echte Vergleichsmöglichkeit bietet, ist, um einen objektiven Vergleich zu erhalten, die statistische Auswertung angebracht.

Mit Hilfe des STUDENT t-Testes wird die Frage geprüft, ob die Mittelwerte beider Gruppen sich voneinander unterscheiden:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Nachfolgende Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der 4 STUDENT t-Teste.

ZELEX		ZELGAN	
Mittelwert unpräp.	$\bar{x}_1$	Mittelwert unpräp.	$\bar{x}_1$
" perf.	$\bar{x}_2$	" perf.	$\bar{x}_2$
	n_1		n_1
	n_2		n_2
	s_1		s_1
	s_2		s_2
	t-Wert		t-Wert
***	9.67578	***	6.32675
Mittelwert HOLD	$\bar{x}_1$	Mittelwert HOLD	$\bar{x}_1$
" FLEXAPONAL	$\bar{x}_2$	" FLEXAPONAL	$\bar{x}_2$
	n_1		n_1
	n_2		n_2
	s_1		s_1
	s_2		s_2
	t-Wert	--	t-Wert
*	2.27502		1.26143

Tabelle 6.

STUDENT t-Test

Die Ergebnisse der 4 STUDENT t-Teste sind in Tabelle 7 zusammengefaßt.

Methode	Material	t - Wert	Sig.
unpräp. - perf.	ZELEX	9.676	* *
	ZELGAN	6.327	* *
HOLD - FLEXAPONAL	ZELEX	2.275	*
	ZELGAN	1.261	--

Tabelle 7.

Erläuterung zu Tabelle 7:

* *	signifikant auf dem 1 % Niveau der Irrtumswahrscheinlichkeit
*	signifikant auf dem 5 % Niveau der Irrtumswahrscheinlichkeit (statistisch "auffällig")
--	nicht signifikant

Aus obiger Tabelle 7 entnimmt man, daß sich bei beiden Materialien (ZELEX und ZELGAN) die Methoden "unpräpariert - perforiert" statistisch signifikant voneinander unterscheiden, wobei die Methode "unpräpariert" jeweils die größere Haftfähigkeit insbesondere bei dem Material ZELEX besitzt, während bei den Methoden "HOLD-FLEXAPONAL" sich der Vergleich bei dem Material "ZELEX" als statistisch "auffällig" erwies und bei dem Material "ZELGAN" sich statistisch kein Unterschied ergab.

Die Verteilung der Einzelwerte der Haftkräfte für die 5 verschiedenen Haftmethoden ist für ZELEX in Abb. 9 und für ZELGAN in Abb. 10 graphisch dargestellt.

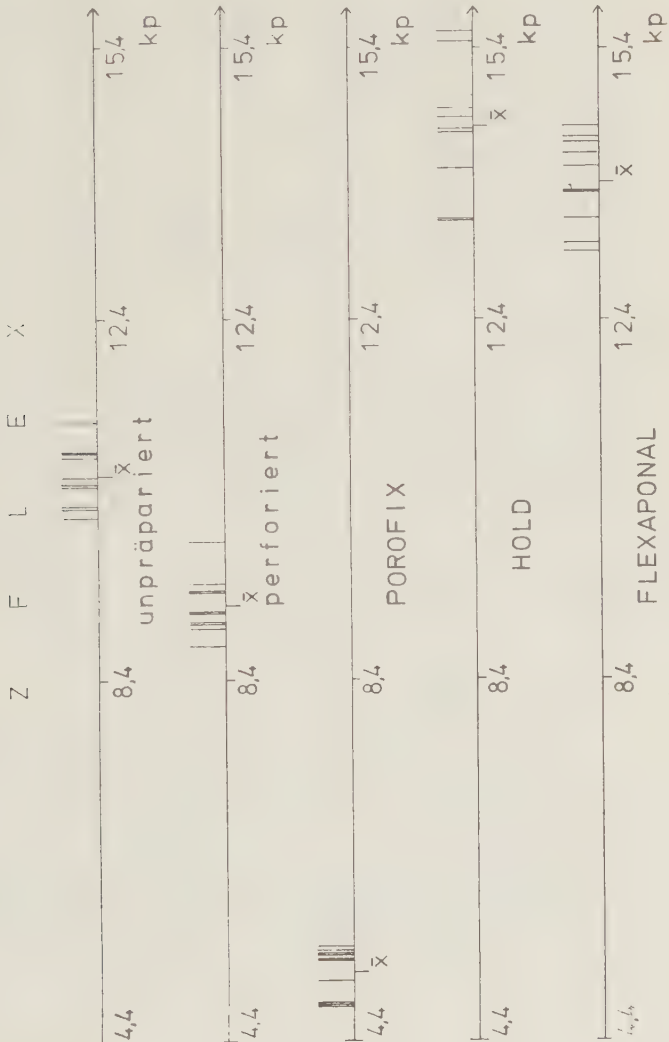


Abb. 9. Graphische Darstellung der Meßwerte (ZELEX).



Abb. 10 . Graphische Darstellung der Meßwerte (ZELGAN).

VII. Theoretische Auswertung

Es ließen sich je 2 Methoden gegenüberstellen. Einmal ist es die Methode mit einem unpräparierten Abformlöffel gegenüber einem perforierten, zum anderen die Methode mit dem HOLD-Haftspray und FLEXAPONAL. Bei 2 Methoden entsprachen die Ergebnisse den Erwartungen. Hierbei handelt es sich um die Haftung in einem perforierten Löffel und um die Haftverbesserung durch den Haftspray. Wenn man gedanklich diese Werte mit denen früherer Messungen vergleicht, entsprechen sie ihnen.

Erstaunlich waren zunächst die Ergebnisse bei den Versuchen mit einem unpräparierten Löffel. Bei näherer Untersuchung ergibt sich hierfür folgende Erklärung. Es handelt sich hierbei um die in ihrer Größe nicht zu unterschätzende Saugkraft des Alginates im Abformlöffel, die in der Arbeit von TOKMAN (15) schon einmal angesprochen wurde, aber mit den bisherigen Untersuchungsmethoden mit theoretischen Prüfkörpern nicht zu beweisen war.

Hieraus ergibt sich auch eine Erklärung dafür, daß die Werte bei den Versuchen mit einem perforierten Löffel nicht günstiger als die des unpräparierten lagen. Die Saugwirkung kann bei einem perforierten Abformlöffel durch die schwierigere Abdichtung nicht zur Wirkung gelangen. Die Haftung beim perforierten Löffel liegt völlig in den durchgedrückten, pilzförmigen Erhabenheiten des Alginates, die

bei der Oberkieferabformung wegen der Schwerkraft noch geringer zur Wirkung kommen als beim Unterkiefer, wie SCHÜLER (8) bereits erwähnte. Die Haftung durch diese Alginatretentionen ist gegenüber der Saugwirkung nicht günstiger.

Relativ schlechte Ergebnisse wurden bei den Versuchen mit Heftpflaster (POROFIX) ermittelt. Hierzu muß allerdings bemerkt werden, daß es bei dieser Methode sehr viele Variationen in der Ausführung gibt. Hierbei wird es sehr darauf ankommen, wie man den Abformlöffel beklebt. Bei der reinen Randbeklebung, wie sie bei diesen Versuchen durchgeführt wurde, handelt es sich wahrscheinlich um eine zu große Saugminderung, der eine im Verhältnis zu geringe Retentionserhöhung entgegensteht. Deshalb hat sich diese Methode unter den Versuchsreihen als schlechteste erwiesen.

Die Methode mit HOLD-Haftspray erwies sich als eine empfehlenswerte Haftverbesserungsmöglichkeit, die in ihren Werten der von TOKMAN (15) aufgestellten Forderung von 25 kp mit am nächsten kommt.

Weiterhin erstaunten die Werte bei den Versuchen mit der FLEXAPONAL-Randbeklebung. Zwar ist, wie schon erwähnt wurde, eine Haftverbesserung durch Wachs - DOLDER (1) gebrauchte heißes Klebewachs - nichts Neues, aber mit diesen günstigen Werten doch überras-

schend. Durch die Beklebung mit diesen Wachsstreifen, dem RIMLOC-Abformlöffel entsprechend, wird eine hohe Verbesserung der Saugwirkung erreicht. Im Gegensatz zu der Beklebung des Löffelrandes mit Heftpflaster bringt die Beklebung mit FLEXAPONAL-Wachsstreifen einmal eine größere mechanische Retention und zum anderen eine sehr gute Abdichtung, die zu einer hohen Saugwirkung führt.

Wie schon in der "Statistischen Auswertung" erwähnt wurde, hat es wenig Sinn, sich bei der Indikation durch einen Vergleich der Haftfähigkeit von ZELEX und ZELGAN leiten zu lassen. Neben dieser Aussage läßt sich aber ein Vergleich im Hinblick der günstigeren Haftverbesserungsmethoden machen. Wenn man glaubt, bei der Verwendung von ZELEX noch mit einem perforierten Abformlöffel auskommen zu können, ist dessen Verwendung bei ZELGAN weniger angebracht. Als weiterer Vergleich läßt sich ersehen, daß die Haftverbesserung mit FLEXAPONAL-Wachsstreifen bei ZELGAN noch günstigere Werte im Verhältnis zum HOLD-Haftspray ergibt als bei ZELEX.

VIII. Kritische Betrachtung

Als Ergebnis dieser Untersuchungen läßt sich an Hand der Werte der einzelnen Versuchsreihen erkennen, daß 2 von diesen 5 Methoden zur Haftverbesserung des Alginates im Abformlöffel recht gute und ausreichende Verbesserungen ergeben und somit zu empfehlen sind. Mit diesen beiden Methoden läßt sich auch der von STOCKFISCH (14) beschriebene Vorteil der Alginatmassen - die Gewinnung von Zweitmodellen durch zweimaliges Ausgießen der Abformung - vervollkommen.

Nicht nur die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung werden den unperforierten Abformlöffel begünstigen, sondern auch die für eine Abformung mit einem unperforierten Löffel günstigeren Bedingungen. Der unperforierte Abformlöffel hat gegenüber dem perforierten den Vorteil, daß ein Ausweichen der Abformmasse durch die Perforation verhindert wird und somit die untersichgehenden Stellen besonders in den Interdentalräumen exakter abgeformt werden können. Nach SCHÜLER (8) können bei leichter Kompression mit Alginat feine Vertiefungen bis 1/10 mm abgeformt werden.

Da heutzutage die ergonomisch geführte Praxis im Vordergrund steht, empfiehlt es sich für jeden Zahnarzt, sich dieser 2 Methoden zu bedienen, da eine ungenaue Abformung durch erneute Arbeit im Endeffekt aufwendiger wird, als von vornherein diese Hilfsmittel - Spray oder Wachsstreifen - zu verwenden.

In diesem Zusammenhang muß man erneut darauf hinweisen, daß die einzelnen Empfehlungen und Hilfsmittel für die Abformung nur sinnvoll sind, wenn man generell nach den Vorschriften arbeitet, da in dieser Hinsicht die meisten Fehler gemacht werden. Aus diesem Grunde möchte ich unter Verwendung der in vorliegender Arbeit erzielten Ergebnisse nochmals die in der Literatur erwähnten wichtigsten Empfehlungen für eine exakte Abformung aufführen:

1. Einhaltung des genauen Verhältnisses Pulver zu Wasser entsprechend den Herstellervorschriften (SCHWICKERATH (9))
2. Gleichmäßiges, kräftiges Durchspateln der Alginatmasse (am günstigsten mit einem Anmischgerät) in der vom Hersteller vorgeschriebenen Zeit
3. Unperforierten Abformlöffel nach den beschriebenen Verbesserungsmethoden präparieren
4. Immer dem Kiefer entsprechende richtige Löffelgröße verwenden, bei der nach allen Seiten noch Raum für ausreichendes Material vorhanden ist
5. Den Abformlöffel ruhig und gleichmäßig möglichst ohne Korrektur am Kiefer andrücken
6. Den Abformlöffel während der Abbindezeit des Alginates mit den Fingern ruhig unterstützen
7. Nach genügend langer Abbindezeit und einem Toleranzzeitraum, der nicht zu knapp bemessen sein sollte, den Abformlöffel ruckartig (SCHWINDLING (10)) vom Kiefer entfernen

8. Sofortiges Ausgießen des Abformnegatives -
anderenfalls das Abformnegativ höchstens 10 min
in eine feuchte Kammer legen (ILG (5))

Bei genauester Einhaltung dieser Forderungen lassen sich mit Alginat innerhalb seines Indikationsbereiches nahezu optimale Ergebnisse erreichen. Die Indikation für die Abformung mit Alginaten wird nur noch durch die Indikation anderer Abformmaterialien und Abformmethoden begrenzt.

IX. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, das Verhalten unterschiedlicher Methoden zur Haftverbesserung für Alginate am Original-Abformlöffel im Vergleich zu einer neueren Methode mit FLEXAPONAL-Wachsstreifen zu untersuchen. Im Gegensatz zu früheren Arbeiten wurde hier eine Methode entwickelt, bei der anstelle von theoretischen Prüfkörpern Original-Abformlöffel verwendet werden konnten. Unter den 5 untersuchten Methoden, bei denen die Haftverbesserung durch Heftpflaster (POROFIX) am schlechtesten abschnitt, haben sich eindeutig der HOLD-Spray und die FLEXAPONAL-Wachsstreifen für die Haftverbesserung als am besten geeignet erwiesen. Von den beiden zuletzt genannten Methoden erzielte die Methode mit FLEXAPONAL-Wachsstreifen annähernd so gute Werte wie die mit HOLD-Spray. Die Versuche haben gezeigt, daß alle Faktoren der Haftung nur durch eine wirklichkeitsnahe Untersuchung berücksichtigt werden konnten. So konnten an Hand der Ergebnisse für einen unpräparierten Abformlöffel die von TOKMAN (15) vermuteten hohen Haftkräfte durch Saugwirkung bewiesen werden. Weiterhin bestätigte sich erneut, daß die Retentionswirkung des perforierten Löffels (SCHÜLER (8)) nicht überbewertet werden sollte.

X. Schrifttum

1. DOLDER, E. : Hydrokolloidale Abdruckmaterialien
Schweiz. Mschr. Zahnheilk.
50, (1940), 785-830
2. FISCHER, F.G. u.
H. DÖRFEL : Die Polyuronsäuren der Braunalgen
Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.
302, (1955), 186
3. FRANZ, G. : Möglichkeiten und Grenzen elastischer
Abformmaterialien
Zahnärztl. Mitt.
65, (1975), 24-29
4. HENKEL, G. : Vergleichende Untersuchungen an
Abdruckmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z.
10, (1955), 646-653
5. ILG, V.K. : Vergleichende Untersuchungen zur
Feststellung der Abdruckgenauigkeit
von Alginat-Abdrücken
Dtsch. zahnärztl. Z.
5, (1950), 415-421 und 494-504
6. IMMEL, R. : Haftverbessernde Präparate für
Abdrucklöffel bei Verwendung von
Alginaten
Zahnärztl. Welt
76, (1967), 891-892

7. PLISCHKA, G. : Fehlerquellen und Formveränderungen
bei der Verarbeitung von Alginaten
Zahnärztl. Rdsch.
64, (1955), 437-440
8. SCHÜLER, P. : Untersuchungen über Adhäsion und
Retention der Alginatabdruckmassen
am Abdrucklöffel
Med. Diss. Heidelberg 1970
9. SCHWICKERATH, H. : Über die Abbindezeit von Alginat-
abformmaterialien
Zahnärztl. Welt
79, (1970), 512-516
10. SCHWINDLING, R. : Das Abformen teilbezahnter Kiefer
Praxis der Zahnheilkunde
1. Auflage
München 1969
Band 3, C 5, S. 1-15
11. SCHWINDLING, R. : Über das chemisch-physikalische Ver-
halten der Alginatabdruckmassen bei
Verwendung verschiedener Modellwerk-
stoffe
Dtsch. zahnärztl. Z.
9, (1954), 1200-1208

12. SKINNER, E.W. u. : Alginate Impression Materials:
C.E. POMES Technic for Manipulation and
Criteria for Selection
J. Amer. dent. Ass.
35, (1947), 245-256

13. SÖREMARK, R., : Blei in Alginaten
G. WIKTORSON,
S. FORBERG u. Zahnärztl. Welt
J. EKENBECK
83, (1974), 603-604

14. STOCKFISCH, H. : Untersuchungen über Formbestän-
digkeit des Zelex-Abdruckes
Zahnärztl. Welt
60, (1951), 304-306

15. TOKMAN, C. : Untersuchungen über die Haftung
der elastischen Abformmaterialien
am Abdrucklöffel
Med. Diss. Mainz 1963

16. TSENG, C.K. : Algin
Encyclopedia of Chemical Technology
Edited by R.E. Kirk & D.F. Othmer
3. Auflage
New York 1960
Vol. 1, S. 343-353

Zum Schluß betrachte ich es als angenehme Pflicht,
Herrn Professor Dr. K. Fuhr für die eingehende Be-
treuung meiner Arbeit und Herrn Oberarzt Dr. W. Zilz
für die hilfreiche Beratung zu danken.

LEBENS LAUF

Am 23. März 1949 wurde ich, Friedrich-Wilhelm Helmut Hohndorf, in Gera als Sohn des Arztes Dr. med. Wolf-Dietrich Hohndorf und seiner Ehefrau Gustava Hohndorf, geb. Hanft, geboren. Nach bestandener Reifeprüfung 1967 in Wiesbaden begann ich mit dem Wintersemester 1967/68 das Studium der Zahnheilkunde an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. Hier studierte ich bis zum Ablegen des Staatsexamens am 28. Mai 1974. Am 20. März 1973 heiratete ich die pharmazeutisch-technische Assistentin Jutta Nießen. Seit August 1974 bin ich als Assistenz Zahnarzt in einer Praxis in Betzdorf/Sieg tätig.

